

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-130597

(43)Date of publication of application : 18.05.1999

(51)Int.Cl.

C30B 29/38

H01L 33/00

H01S 3/18

(21)Application number : 09-293049

(71)Applicant : MITSUBISHI CABLE IND LTD

(22)Date of filing : 24.10.1997

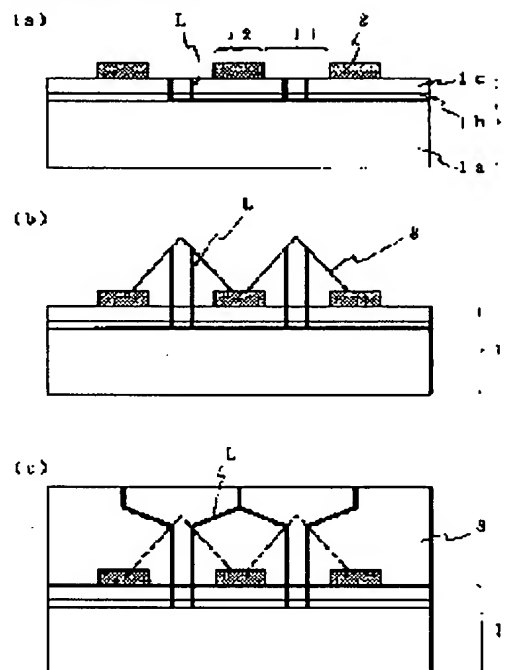
(72)Inventor : OKAGAWA HIROAKI
OUCHI YOICHIRO
MIYASHITA KEIJI
TANIGUCHI KOICHI
TADATOMO KAZUYUKI

(54) CONTROL OF DISLOCATION LINE IN TRANSMISSION DIRECTION AND ITS USE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a controlling method for turning transmission direction of dislocation line to intended direction, a method for forming a preferable GaN-based crystal substrate by the control method and its use.

SOLUTION: A mask layer 2 is provided so as to form a mask area 12 and a non-mask area 11 on a base substrate surface 1. Crystal growth of GaN-based crystal is started from the non-mask area and transmission direction of dislocation line is controlled by controlling a ratio of growth rate to C axial direction to growth rate to the direction vertical to C axis in growing GaN-based crystal. GaN-based crystal is grown by using the method and GaN-based crystal part having low dislocation is formed in the intended area on the mask area and/or on non-mask area by avoiding passage of dislocation line to provide a GaN-based crystal substrate. Further, the substrate is used as a base substrate and as a light emitter.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 13.07.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-130597

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月18日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

C 3 0 B 29/38

C 3 0 B 29/38

D

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-293049

(22) 出願日

平成9年(1997)10月24日

(71) 出願人 000003263

三菱電線工業株式会社

兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

(72) 発明者 岡川 広明

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 大内 洋一郎

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 宮下 啓二

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線
工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 弁理士 高島 一

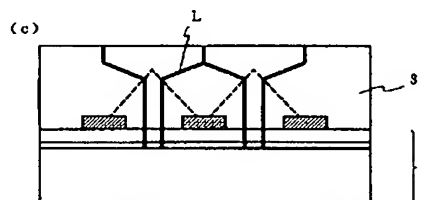
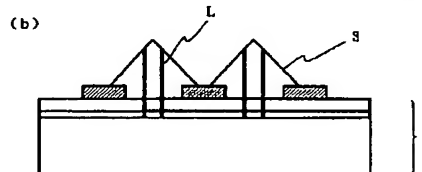
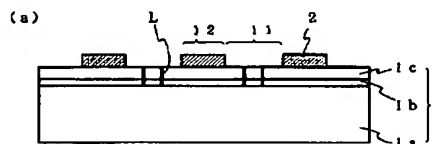
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 転位線の伝搬方向の制御方法およびその用途

(57) 【要約】

【課題】 転位線の伝搬方向を意図する方向に向かわせ得る制御方法を提供し、その制御方法によって、好ましいGaN系結晶基材を形成する方法、さらにその用途を提供することである。

【解決手段】 ベース基板面1上に、マスク領域12と非マスク領域11とを形成するようにマスク層2を設ける。非マスク領域からGaN系結晶の結晶成長を開始し、成長するGaN系結晶の、C軸方向への成長速度とC軸に垂直な方向への成長速度との比を制御することによって、転位線の伝搬方向を制御する。この方法を用いてGaN系結晶を成長させ、マスク領域上および/または非マスク領域上の意図する領域に、転位線の通過を回避させてなる低転位のGaN系結晶部分を形成し、GaN系結晶基材を得る。さらにこの基材を、ベース基板として、また発光素子として用いる。



- 1 ベース基板
- 11 非マスク領域
- 1a 基礎の結晶基板
- 12 マスク領域
- 1b パッパ層
- 3 GaN系結晶層
- 1c GaN系結晶の炭層
- L 転位線
- 2 マスク層

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 GaN 系結晶が C 軸を厚み方向として成長可能なベース基板面の一部または全部の領域に、マスク領域と非マスク領域とを形成するようにマスク層を設け、マスク層の材料をそれ自身の表面からは実質的に GaN 系結晶が成長し得ない材料として、非マスク領域から GaN 系結晶の結晶成長を開始し、成長する GaN 系結晶の、C 軸方向への成長速度と C 軸に垂直な方向への成長速度との比を制御することによって、GaN 系結晶中における転位線の伝搬方向を制御することを特徴とする、GaN 系結晶中における転位線の伝搬方向の制御方法。

【請求項 2】 C 軸方向への成長速度と C 軸に垂直な方向への成長速度との比の制御が、マスク層の形成パターン、結晶成長法、結晶成長時の雰囲気ガスの組合わせを選択することによってなされるものである請求項 1 記載の転位線の伝搬方向の制御方法。

【請求項 3】 GaN 系結晶が C 軸を厚み方向として成長可能なベース基板面の一部または全部の領域に、マスク領域と非マスク領域とを形成するようにマスク層を設け、マスク層の材料をそれ自身の表面からは実質的に GaN 系結晶が成長し得ない材料として、非マスク領域から GaN 系結晶の結晶成長を開始し、成長する GaN 系結晶の、C 軸方向への成長速度と C 軸に垂直な方向への成長速度との比を制御することによって、転位線の伝搬方向を制御し、マスク領域上および／または非マスク領域上の意図する領域に、転位線の通過を回避させてなる低転位の GaN 系結晶部分を形成することを特徴とする GaN 系結晶基材の製造方法。

【請求項 4】 C 軸方向への成長速度と C 軸に垂直な方向への成長速度との比の制御が、マスク層の形成パターン、結晶成長法、結晶成長時の雰囲気ガスの組合わせを選択することによってなされるものである請求項 3 記載の GaN 系結晶基材の製造方法。

【請求項 5】 結晶成長法が、有機金属気相成長法である請求項 4 記載の GaN 系結晶基材の製造方法。

【請求項 6】 結晶成長法が、ハイドライド気相エピタキシャル成長法である請求項 4 記載の GaN 系結晶基材の製造方法。

【請求項 7】 雰囲気ガスが、N₂ および／または H₂ である請求項 4～6 のいずれかに記載の GaN 系結晶基材の製造方法。

【請求項 8】 請求項 3～7 のいずれかに記載の GaN 系結晶基材の製造方法によって製造された GaN 系結晶基材が用いられる半導体発光素子であって、該製造方法によって GaN 系結晶基材中に形成された、転位線の通過が回避されてなる低転位の GaN 系結晶部分が、発光層における発光の中心部に位置していることを特徴とする GaN 系半導体発光素子。

【請求項 9】 請求項 3～7 のいずれかに記載の GaN

系結晶基材の製造方法によって製造された GaN 系結晶基材が新たにベース基板として用いられ、前記製造方法によって伝搬方向を制御されて該新たなベース基板の上面に到達する転位線の終端を覆う部分だけにマスク層が設けられて、該新たなベース基板の上面にマスク領域と非マスク領域とが形成され、マスク層の材料はそれ自身の表面からは実質的に GaN 系結晶が成長し得ない材料であり、非マスク領域から前記マスク層の上面を覆うまで成長した低転位の GaN 系結晶層を有することを特徴とする GaN 系結晶基材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、GaN 系結晶基材の製造方法、特に、転位の伝搬方向を操作する技術と、その用途に関する。

【0002】

【従来の技術】GaN 系結晶材料を用いた半導体発光素子は近年高輝度のダイオード (LED) が実現されたのを機会に研究が活発に行われており、半導体レーザの室温連続発振の報告も聞かれる様になっている。これら GaN 系半導体発光素子を作製する一般的な方法は、基板としてサファイアの単結晶を用い、その上に低温でバッファ層を成長し、その後 GaN 系結晶からなる発光部を形成するといった手順が用いられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】結晶基板上に GaN 系結晶層を成長させる場合、他の半導体の場合と同様、基板と GaN 系結晶との格子定数が整合しない (格子不整合) 状態では転位などの欠陥が発生する。また、転位は、不純物の混入や多層膜界面での歪み等の要因によっても発生する。これら発生した転位は、結晶層が成長するにつれて層の厚みが増しても上方に継承され、転位線 (貫通転位) と呼ばれる連続した欠陥部分となる。

【0004】転位線が発光特性や寿命に悪影響を及ぼすことは知られている。転位は結晶欠陥であるため非発光再結合中心として働いたり、転位線が電流のパスとして働き漏れ電流の原因になるなど、発光特性や寿命特性を低下させる原因となる。

【0005】GaN 系半導体発光素子、特にサファイア結晶を基板として用いたものにおいては、基板と GaN 系層との間に大きな格子不整合が存在するため転位密度が 10^{10} cm^{-2} 以上にもなることが知られており、これらが伝搬してなる転位線は活性層をも通過し、発光特性や寿命特性の向上を阻害する要因となっていると考えられている。

【0006】本発明の目的は、上記問題に鑑み、ベース基板と GaN 系結晶層との界面において発生する転位線の伝搬方向を意図する方向に向かわせ得る制御方法を提供し、さらにその制御方法によって、基板上に成長させた GaN 系結晶層中に、転位線の通過を回避させて低転

位のGaN系結晶部分を形成する方法を提供し、これら
の方法によって、得られる好ましい発光素子、GaN系
結晶基材を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の制御方法は、次
の特徴を有するものである。

(1) GaN系結晶がC軸を厚み方向として成長可能な
ベース基板面の一部または全部の領域に、マスク領域と
非マスク領域とを形成するようにマスク層を設け、マス
ク層の材料をそれ自身の表面からは実質的にGaN系結
晶が成長し得ない材料として、非マスク領域からGaN
系結晶の結晶成長を開始し、成長するGaN系結晶の、
C軸方向への成長速度とC軸に垂直な方向への成長速度
との比を制御することによって、GaN系結晶中におけ
る転位線の伝搬方向を制御することを特徴とする、GaN
系結晶中における転位線の伝搬方向の制御方法。

【0008】(2) C軸方向への成長速度とC軸に垂直
な方向への成長速度との比の制御が、マスク層の形成パ
ターン、結晶成長法、結晶成長時の雰囲気ガスの組合わ
せを選択することによってなされるものである上記

(1) 記載の転位線の伝搬方向の制御方法。

【0009】また本発明のGaN系結晶基材の製造方法
は次の特徴を有するものである。

(3) GaN系結晶がC軸を厚み方向として成長可能な
ベース基板面の一部または全部の領域に、マスク領域と
非マスク領域とを形成するようにマスク層を設け、マス
ク層の材料をそれ自身の表面からは実質的にGaN系結
晶が成長し得ない材料として、非マスク領域からGaN
系結晶の結晶成長を開始し、成長するGaN系結晶の、
C軸方向への成長速度とC軸に垂直な方向への成長速度
との比を制御することによって、転位線の伝搬方向を制
御し、マスク領域上および／または非マスク領域上の意
図する領域に、転位線の通過を回避させてなる低転位の
GaN系結晶部分を形成することを特徴とするGaN系
結晶基材の製造方法。

【0010】(4) C軸方向への成長速度とC軸に垂直
な方向への成長速度との比の制御が、マスク層の形成パ
ターン、結晶成長法、結晶成長時の雰囲気ガスの組合わ
せを選択することによってなされるものである上記

(3) 記載のGaN系結晶基材の製造方法。

【0011】(5) 結晶成長法が、有機金属気相成長法
(MOCVD)である上記(4)記載のGaN系結晶基
材の製造方法。

【0012】(6) 結晶成長法が、ハイドライド気相エ
ピタキシャル成長法(HVPE)である上記(4)記載
のGaN系結晶基材の製造方法。

【0013】(7) 雰囲気ガスが、N₂および／または
H₂である上記(4)～(6)のいずれかに記載のGaN
系結晶基材の製造方法。

【0014】本発明のGaN系半導体発光素子は、上記

(3)～(7)のいずれかに記載のGaN系結晶基材の
製造方法によって製造されたGaN系結晶基材が用いら
れてなる半導体発光素子であって、該製造方法によって
GaN系結晶基材中に形成された、転位線の通過が回避
されてなる低転位のGaN系結晶部分が、発光層におけ
る発光の中心部に位置していることを特徴とする。

【0015】本発明のGaN系結晶基材は、上記(3)
～(7)のいずれかに記載のGaN系結晶基材の製造方
法によって製造されたGaN系結晶基材が新たにベース
基板として用いられ、前記製造方法によって伝搬方向を
制御されて該新たなベース基板の上面に到達する転位線
の終端を覆う部分だけにマスク層が設けられて、該新た
なベース基板の上面にマスク領域と非マスク領域とが形
成され、マスク層の材料はそれ自身の表面からは実質的
にGaN系結晶が成長し得ない材料であり、非マスク領
域から前記マスク層の上面を覆うまで成長した低転位の
GaN系結晶層を有することを特徴とする。

【0016】

【作用】本明細書では、GaN系結晶やサファイア基板
などの六方格子結晶の格子面を4つのミラー指数(h k
i l)によって指定する場合があれば、記載の便宜上、
指数が負のときには、その指数の前にマイナス記号を付
けて表記するものとし、この負の指数に関する表記方法
以外は、一般的なミラー指数の表記方法に準じる。従っ
て、GaN系結晶の場合では、C軸に平行なプリズム面
(特異面)は6面あるが、例えば、その1つの面は(1
-1 0 0)と表記し、6面を等価な面としてまとめる場
合には{1-1 0 0}と表記する。また、前記{1-1
0 0}面に垂直でかつC軸に平行な面を等価的にまとめ
て{1 1-2 0}と表記する。また、(1-1 0 0)面
に垂直な方向は[1-1 0 0]、それと等価な方向の集
合を<1-1 0 0>とし、(1 1-2 0)面に垂直な方
向は[1 1-2 0]、それと等価な方向の集合を<1 1
-2 0>と表記する。但し、図面にミラー指数を記入す
る場合があれば、指数が負のときには、その指数の上に
マイナス記号を付けて表記し、ミラー指数の一般的な表
記方法に全て準じる。

【0017】「マスク領域」と「非マスク領域」は、と
もにベース基板面(該ベース基板の表層がGaN系結晶
の薄膜層である場合には該薄膜層の上面)中の領域であ
る。マスク層の上面の領域は、マスク領域に等しいもの
とみなし、同義として説明に用いる。

【0018】本発明者らは、先にGaN系結晶とサファ
イア結晶基板との格子定数及び熱膨張係数の違いに起因
するGaN系結晶層のクラック対策として、図5(a)
に示すように、ベース基板1上に、格子状にパターンニ
ングしたマスク層2を設け、基板面が露出している領域1
1だけにGaN系結晶層30を成長させ、ベース基板面
全体に対してチップサイズのGaN系結晶層30を点在
させることによって、クラックを防止することを提案し

ている（特開平 7-273367 号公報）。

【0019】その後本発明者らがさらに研究を重ねた結果、点的に成長させた GaN 系結晶層 30 をさらに成長させると、図 5 (b) に示すように、厚さ方向（C 軸方向）だけでなく、各 GaN 系結晶層 30 からマスク層 2 上へ向けての横方向（C 軸に垂直な方向）へも成長が行われることが確認された。しかも、横方向への成長速度は、結晶方位によっては厚さ方向と同程度の高速な成長が可能な場合もあり、結晶方位依存性が判明した。

【0020】このマスク層よりも上方への成長をさらに進めると、厚み方向、横方向への成長がさらに継続され、図 5 (c) に示す如く、GaN 系結晶は、マスク領域 12 を完全に覆ってマスク層を埋め込み、非常に欠陥の少ない平坦でクラックの無い大型且つ厚膜の GaN 系結晶層 3 が得られる事を見いだした。

【0021】このとき、GaN 系結晶層 3 中に存在する転位線は、ベース基板を含む下地から継承するか、成長界面で発生し、図 5 (c) に示す如く、単に非マスク領域から上方へ伝搬していくものと考えていた。

【0022】ところが、その後の本発明者等の研究によって、上記のようにマスク領域と非マスク領域とを形成しそのマスク層を埋め込むまで結晶成長を行なう方法

（以下「埋め込み選択成長法」とも呼んで説明する）を行う場合、マスク層の形成パターン、結晶成長法、結晶成長時の雰囲気ガスの組み合わせを選択することによって、転位線の上方への伝搬方向が意図する方向を制御できることを見出したのである。この制御方法によって、マスク領域上、非マスク領域上のいずれの領域へも転位線の継承方向を意図的に変化させることができるようになった。換言すると、転位線の通過を回避させることによって、マスク領域上、非マスク領域上のいずれの領域でも、低転位の部分とすることができるようになったのである。転位線の伝搬方向を変化させるための要素である、マスク層の形成パターン、結晶成長法、結晶成長時の雰囲気ガスの組み合わせの詳細については後述する。

【0023】

【発明の実施の形態】 先ず、本発明による転位線の伝搬方向の制御方法は、図 1 (a) および図 2 (a) に示すように、GaN 系結晶が C 軸を厚み方向として成長可能なベース基板面 1 の一部または全部の領域に、マスク領域 12 と非マスク領域 11 とを形成するようにマスク層 2 を設ける。マスク層の材料をそれ自身の表面からは実質的に GaN 系結晶が成長し得ない材料とする。ここまでは、本発明者等によって提案された「埋め込み選択成長法」と同様である。

【0024】このベース基板を用いて、非マスク領域から GaN 系結晶の結晶成長を開始する。このとき、GaN 系結晶を成長させるに際し、該 GaN 系結晶の、C 軸方向への成長速度と C 軸に垂直な方向への成長速度との

比を制御することによって、結晶がマスク層よりも高く成長する時の結晶表面の形態を、大きく分ければ、次の (a)、(b) のように変化させることができる。

【0025】(a) C 軸方向への成長速度を大きくとれば、結晶成長時の表面の形態は、図 1 (b) に示すように、先ずピラミッド状となる。このように成長させることによって、転位線 L の伝搬を、同図のようにマスク領域側に屈曲させることができる。さらに結晶成長を続けると、図 1 (c) に示すように、隣合ったマスク領域からの結晶同士が合流し、平坦な上面の状態へと向かう。このとき、転位線も結晶同士の合流面に沿って上方に向かう。

【0026】(b) C 軸に垂直な方向への成長速度を大きくとれば、結晶成長時の表面の形態は、図 2 (b) に示すように、最初から上面が平坦な台形のように成長する。このように成長させることによって、転位線 L を同図のように、上方に向かって直線的に伝搬させることができる。この場合さらに結晶成長を続けると、図 2

(c) に示すように、隣合ったマスク領域からの結晶同士が合流し、平坦な上面の状態は維持され、結晶層の厚みが増す。このとき、転位線はそのまま継続して上方へ伝搬する。

【0027】上記 C 軸方向（厚み方向）への成長速度と、C 軸に垂直な方向（横方向）への成長速度との比を制御するための要素は、マスク層の形成パターン、結晶成長法、結晶成長時の雰囲気ガスであり、これらをいかに組合せるかが重要である。その選択によって上記 (a)、(b) の結晶成長状態が達成できる。

【0028】マスクの形成パターンは、マスク領域の外形線の方向、即ち、マスク領域と非マスク領域との境界線の方向が重要である。マスク領域と非マスク領域との境界線を〈1-100〉方向に伸びる直線とする場合、GaN 系結晶の {11-20} 面が、この境界線を越え、マスク層の上面に沿って横方向に成長する面として確保される。{11-20} 面はオフファセット面であるため、ファセット面である {1-100} 面に比べて、GaN 系結晶は横方向に高速に成長する。横方向成長速度が速くなると、{1-101} 面などの斜めファセットが形成され難い。その結果平坦に埋め込むのが〈11-20〉に比べ薄くて済む。

【0029】逆に、マスク領域と非マスク領域との境界線を〈11-20〉方向の直線とする場合、ファセット面である {1-100} 面がこの境界線を越えて横方向に成長する面として確保され、横方向への成長速度は遅くなる。横方向成長速度に対し C 軸方向の成長速度が速いため、{1-101} 面などの斜めファセットが形成され易い。よって錘状の形状が先ず形成されてから平坦化する。このため平坦に埋め込むにはある程度の厚みが必要となる。

【0030】上記マスクパターンの効果を最も顕著に現

すパターンの一例として、ストライプ状のマスクパターンが挙げられる。ストライプ状のマスクパターンは、帯状のマスク層を縞状に配置したパターンである。従って、帯状のマスク領域と帯状の非マスク領域とが交互に並ぶ。この帯の長手方向が、上記したマスク領域と非マスク領域との境界線の方である。マスクパターンは、ストライプ状だけに限定されず、境界線を考慮して任意のパターンとしてもよい。

【0031】結晶成長法としては、HVPE、MOCVDが挙げられる。特に、厚膜を作製する場合は成長速度の速いHVPE法が好ましい。

【0032】雰囲気ガスは H_2 、 N_2 、Ar、He等が挙げられるが、形状等を制御するには H_2 、 N_2 が好ましく用いられる。 H_2 リッチな雰囲気ガス中で成長を行った場合、C軸方向の成長速度が速くなる。特に、マスク領域と非マスク領域との境界線の方を〈11-20〉方向の直線とする場合（横方向に遅い場合）の組合せでは、図1（b）に示すように、顕著にピラミッド状（鍾状）の形状が先ず形成されてから平坦化する。このため平坦に埋め込むにはある程度の厚みが必要となる。

【0033】一方、 N_2 リッチな雰囲気ガス中で成長を行った場合、 H_2 リッチな雰囲気の場合に比べ、C軸方向の成長速度が遅くなるため、相対的に横方向成長速度が速く、マスクパターンとの組合せによって横方向への成長をより高速にした場合、転位線は、図2（b）に示すように、C軸方向に伝搬しマスク領域上の結晶は低転位となる。

【0034】MOCVDによる結晶成長は、主に H_2 リッチ雰囲気下で行われる場合が多い。例えば、III族ガスとして、キャリアガス水素10（L）+有機金属パブリック用水素100（cc）。V族ガスとして、キャリアガス水素5（L）+アンモニア5（L）。この場合、水素濃度は75%、であり、これが H_2 リッチの一例である。この場合、窒素濃度は0%である。

【0035】一方、 N_2 リッチは、上記MOCVDによる結晶成長でいうと、III族キャリアガスを窒素に変えた場合の窒素濃度は約50%である。また、V族キャリアガスのみを窒素に変えた場合、窒素濃度は約25%である。よって、窒素濃度が25%以上程度を N_2 リッチという。

【0036】上記組合せによって、基板-成長層界面を起点とし上に伸びる転位線の形成のされ方は、マスク領域上に、〈1-101〉面などの斜めファセットが出る場合この面で曲げられるため、マスク領域上に転位が形成され、この結果マスク開口部上が低転位領域となる。一方横方向成長速度が速く、〈1-101〉面などの斜めファセット面が形成され難い場合は、貫通転位はC軸方向に伝搬する。この場合マスク上に横方向成長した領域は低転位となる。

【0037】成長条件を変化させる事で埋め込み厚さ・

低転位領域形成部を制御できるためにデバイス設計の自由度が上がる。またGaN層とベース基板との直接接触部位は非マスク部のみで接触面積は小さく両者の熱膨張係数の相違の影響をあまりうけない事から、厚肉のGaN層が容易に成長させ得ると言う利点もある。

【0038】ベース基板は、GaN系結晶が成長可能なものであればよく、例えば、従来からGaN系結晶を成長させる際に汎用されている、サファイア、水晶、SiC等を用いてもよい。なかでも、サファイアのC面、A面、6H-SiC基板、特にC面サファイア基板が好ましい。またこれら材料の表面に、GaN系結晶との格子定数や熱膨張係数の違いを緩和するためのZnO、MgOやAlN等のバッファ層を設けたものであってもよい。

【0039】特に、ベース基板は、成長させるGaN系結晶となるべく格子定数が近く且つ熱膨張係数ができるだけ近いものを選択することが、転位などの欠陥を本来的に少なくする点及びクラック等をより生じにくくする点で望ましい。また、後述するマスク層の薄膜形成の際における高熱やエッチングに対する耐性に優れることが好ましい。このような点から、ベース基板は、少なくともその表層が $In_xGa_yAl_zN$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x+y+z=1$ ）からなるものが挙げられる。具体的には、サファイア基板上に、MOVPE法によりZnOやAlN等のバッファ層、次いでGaN又はGaAlNの薄層を順次成膜したものが好適に用い得る。このようなベース基板であれば、該ベース基板上に成長させるGaN系結晶内に新たに発生する転位の密度を低く抑える事が出来、良好な結晶性を得ることができる。

【0040】マスク層は、それ自身の表面からは実質的にGaN系結晶が成長し得ない材料を用いる。このような材料としては、例えば非晶質体が例示され、さらにこの非晶質体としてSi、Ti、Ta、Zr等の窒化物や酸化物、即ち、 SiO_2 、 $SiNx$ 、 TiO_2 、 ZrO_2 等が例示される。特に、耐熱性に優れると共に成膜及びエッチング除去が比較的容易な SiO_2 膜が好適に使用できる。

【0041】マスク層は、例えば真空蒸着、スパッタ、CVD等の方法により基板全表面を覆うように形成した後、通常的光リソグラフィ技術によって光感光性レジストのパターニングを行い、エッチングによって基板の一部を露出させる等の手段で形成される。

【0042】GaN系結晶は、式 $In_xGa_yAl_zN$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x+y+z=1$ ）で決定される化合物半導体である。特に、厚膜層として有用なものとしてはGaNが挙げられる。

【0043】本発明によるGaN系結晶基材の製造方法は、上記説明による転位線の伝搬方向の制御方法を利用し、転位線を自在に湾曲させ、マスク層を覆うまでGaN

N系結晶の成長を行い、所望の領域を低転位とした基材を得るものである。

【0044】また、本発明によるGaN系半導体発光素子は、上記GaN系結晶基材の製造方法によって製造されたGaN系結晶基材を用いるものであり、そのGaN系結晶層を発光部として用いる。特に、上記GaN系結晶基材の製造方法によって、そのGaN系結晶層中に形成された、転位線の通過を意図的に回避させて得た低転位のGaN系結晶部分を、発光層における発光の中心部に位置するように利用した発光素子である。

【0045】また、本発明によるGaN系結晶基材は、上記GaN系結晶基材の製造方法によって製造されたGaN系結晶基材がさらに、新たなベース基板（新ベース基板）として用いられた基材である。本発明による基材の製造方法によって、伝搬方向を制御されて、新ベース基板の上面に到達させた転位線の終端を覆う部分だけにマスク層を設ける。このマスク層は上記説明したものと同様である。これによって新ベース基板の上面にマスク領域と非マスク領域とを形成する。この非マスク領域から前記マスク層の上面を覆うまで成長させると、層全体が低転位のGaN系結晶層が得られるのである。

【0046】

【実施例】

実施例1

本実施例では、図1に示すように、マスク領域上に転位線を曲げ、非マスク領域を低転位領域とした例である。

〔ベース基板の作成〕最も基礎の結晶基板としてはサファイアC面基板を用いた。まずこのサファイア基板をMOCVD装置内に配置し、水素雰囲気下で1100℃まで昇温し、サーマルエッチングを行った。その後温度を500℃まで下げAl原料としてトリメチルアルミニウム（以下TMA）、N原料としてアンモニアを流し、AlN低温バッファ層を成長させた。つづいて温度を1000℃に昇温しGa原料としてトリメチルガリウム（以下TMG）を、N原料としてアンモニアを流し、GaN層を2μm成長させ、ベース基板を得た。

【0047】〔マスク層の形成〕その後成長装置から取出しスパッタリング装置にてSiO₂マスク層を形成した。SiO₂マスク層のパターンは、帯の長手方向が、成長するGaN系結晶の〈11-20〉方向になるストライプ状とした。

【0048】〔GaN系結晶の成長；基材の完成〕次にこの試料をMOCVD装置内に配置し水素雰囲気（アンモニアを含む）下で、1000℃まで昇温しTMG、アンモニアを30分間流し、GaN結晶を成長させた。GaN結晶は、先ず図1（b）に示すように、ピラミッド状を呈し、転位線はマスク領域側に屈曲した。その後平坦になるまで成長を続けたところ10μmで平坦になった。

【0049】〔発光素子の形成〕その後、図3に示すよ

うに、低転位領域が発光層4の発光の中心に位置するように電流阻止層5を設け発光素子を形成したところ発光効率の高いものが作製できた。図3では、6は上部側のクラッド層、7、8は電極である。

【0050】実施例2

マスク層の帯の長手方向を、成長するGaN系結晶の〈1-100〉方向になるストライプ状とし、雰囲気ガスを窒素リッチとしたこと以外は実施例1と同様にGaN系結晶層を形成した。この結果平坦になるまでの厚みは2μmであった。その後、図4に示すように、低転位領域が発光層4の発光の中心に位置するように電流阻止層5を設け発光素子を形成したところ発光効率の高いものが作製できた。図3と同様、6は上部側のクラッド層、7、8は電極である。

【0051】

【発明の効果】本発明によって、ベース基板とGaN系結晶層との界面において発生する転位線の伝搬方向を意図する方向に向かわせることができた。これによって基板上に成長させたGaN系結晶層の任意の部位に、転位線の通過が回避された低転位のGaN系結晶部分を形成できた。

【0052】また、低転位なGaN系結晶基材を作製する事でこれを利用した各種デバイスの性能を向上させる事が出来た。低転位領域の形成を制御する事が出来るため、デバイス設計の幅が広がり、また、僅かな膜厚で埋め込む事が可能ともなったので、そりの問題が無くなった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の制御方法、およびGaN系結晶基材の製造方法の一例を示す図である。

【図2】本発明の制御方法、およびGaN系結晶基材の製造方法の他の例を示す図である。

【図3】図1に示す本発明の製造方法によって得られたGaN系結晶基材を用いたGaN系発光素子の一例を示す図である。

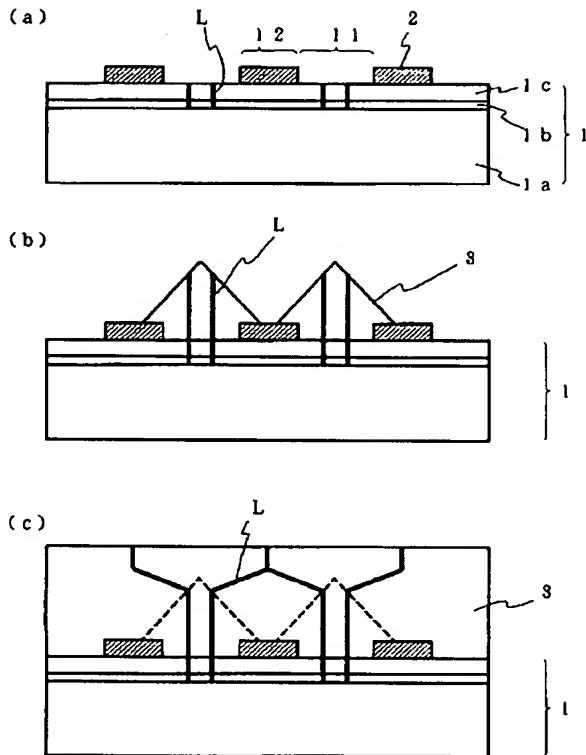
【図4】図2に示す本発明の製造方法によって得られたGaN系結晶基材を用いたGaN系発光素子の一例を示す図である。

【図5】マスク層上へのGaN系結晶の成長を示す図である。

【符号の説明】

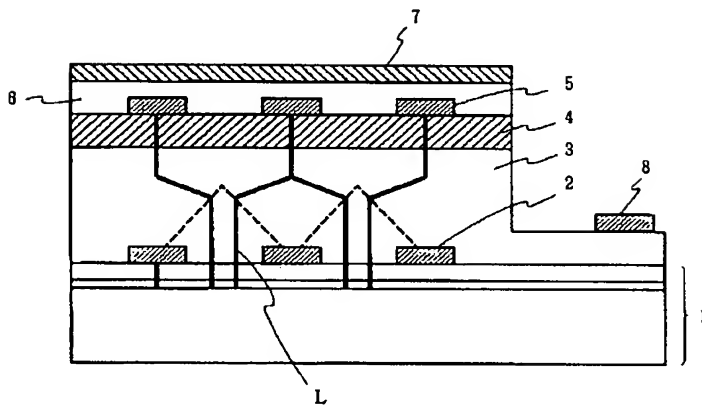
- 1 ベース基板
- 1 a 基礎の結晶基板
- 1 b バッファ層
- 1 c GaN系結晶の表層
- 2 マスク層
- 1 1 非マスク領域
- 1 2 マスク領域
- 3 GaN系結晶層
- L 転位線

【図1】

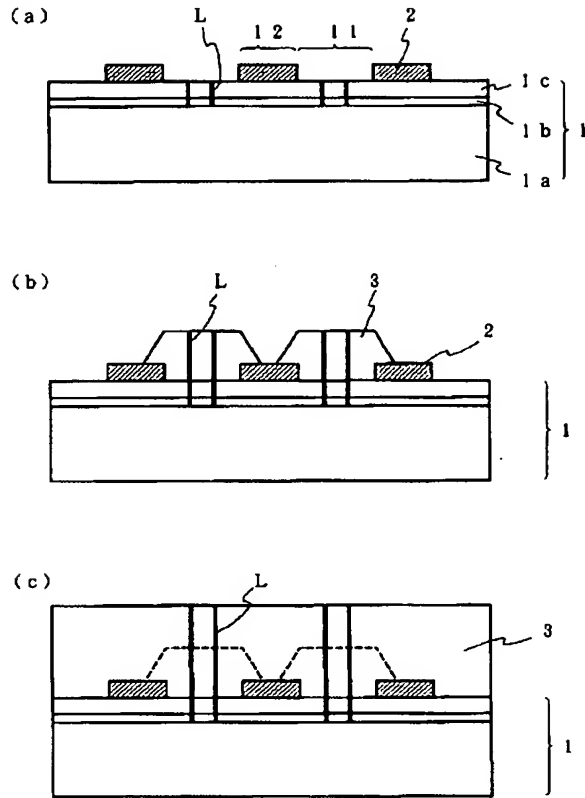


- 1 ベース基板 11 非マスク領域
 1a 基礎の結晶基板 12 マスク領域
 1b パッファ層 3 GaN系結晶層
 1c GaN系結晶の発層 L 転位線
 2 マスク層

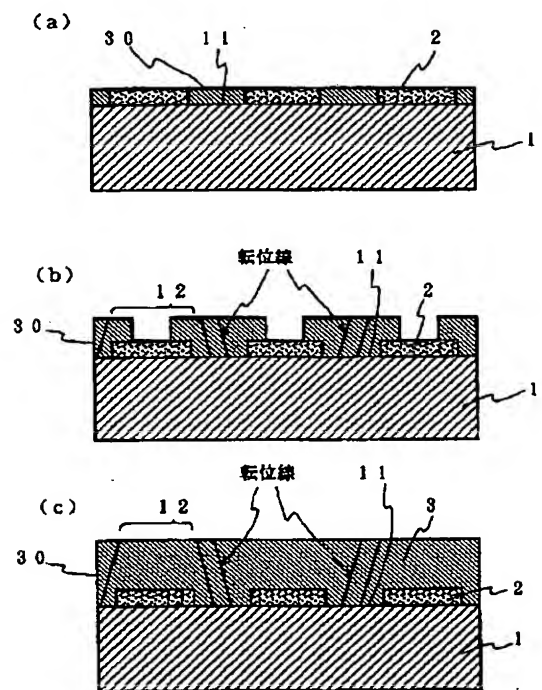
【図3】



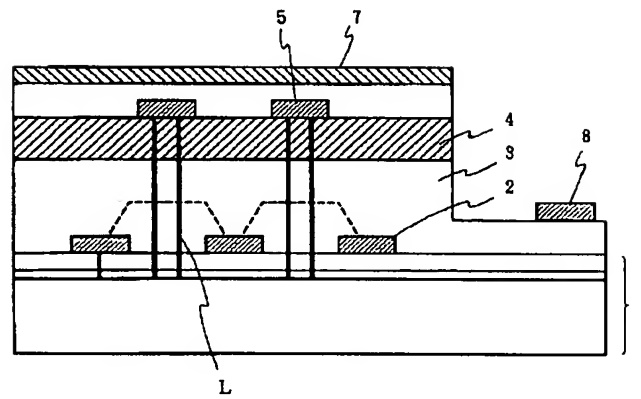
【図2】



【図5】



【図 4】



フロントページの続き

(72) 発明者 谷口 浩一
 兵庫県伊丹市池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線
 工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 只友 一行
 兵庫県伊丹市池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線
 工業株式会社伊丹製作所内